

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-350051

(43)Date of publication of application : 21.12.2001

(51)Int.Cl.

G02B 6/13

G02B 6/30

(21)Application number : 2000-169175

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 06.06.2000

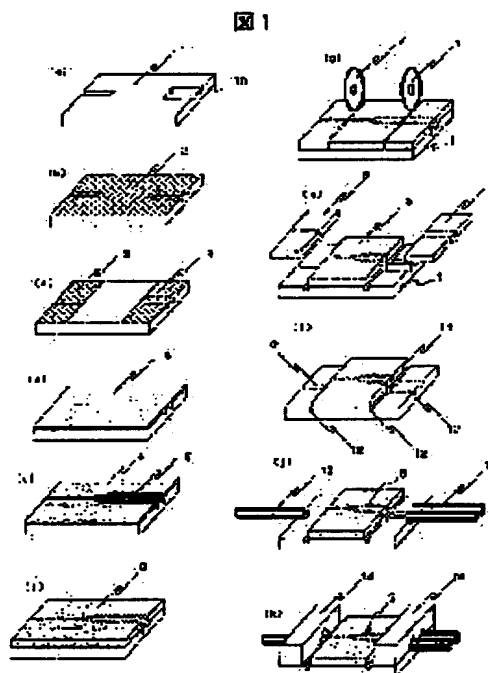
(72)Inventor : KURIHARA TAKASHI  
HIKITA MAKOTO  
KATO YUJIRO  
TOYODA SEIJI  
OBA NAOKI  
HAYASHIDA SHOICHI  
TOMARU AKIRA  
MARUNO TORU

## (54) OPTICAL WAVEGUIDE MODULE AND ITS MANUFACTURING METHOD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical waveguide module, having various superior optical characteristics, and a technique capable of easily manufacturing the optical waveguide module at a low cost.

**SOLUTION:** This method for manufacturing the optical waveguide module, which is formed by connecting a light-inputting and outputting optical fiber to an optical waveguide is provided with a process for working an optical fiber inserting V groove to a substrate, a process for coating a high polymer film stripping thin film onto the V-groove area of the V-grooved substrate, an optical waveguide layer manufacturing process for manufacturing an embedding-type high polymer optical waveguide in a prescribed position on the V-grooved substrate, a process for cutting a part of the optical waveguide and the substrate in the thickness direction at a prescribed position of the substrate, a process for immersing the high polymer optical waveguide together with the V-grooved substrate into a prescribed solution and stripping only high polymer stuck onto the V-groove region from the substrate, a process for preliminarily working both connecting surfaces, so as to have a tilt between both optical axes and the surface normal of the connecting surface, when inserting the optical fiber into the re-exposed V-groove part and optically connecting to the high polymer optical waveguide without aligning, and a process for firmly fixing the optical fiber to the V-grooved substrate or the high polymer optical waveguide, using an optical adhesive.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-350051

(P 2001-350051 A)

(43) 公開日 平成13年12月21日 (2001. 12. 21)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)

G 0 2 B 6/13  
6/30

G 0 2 B 6/30  
6/12

2H037  
M 2H047

審査請求 未請求 請求項の数 7

O L

(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-169175 (P2000-169175)

(22) 出願日 平成12年6月6日 (2000. 6. 6)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 栗原 隆

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 疋田 真

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 100083552

弁理士 秋田 収喜

最終頁に続く

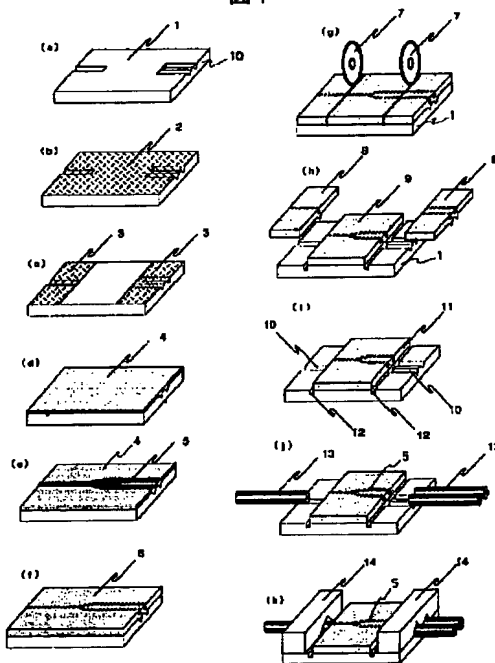
(54) 【発明の名称】 光導波路モジュール及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 各種の優れた光学特性を有する光導波路モジュール及びその光導波路モジュールを簡便で安価に製造することが可能な技術を提供する。

【解決手段】 光導波路に光入出力用の光ファイバが接続されてなる光導波路モジュールの製造方法であって、基板に光ファイバ挿入用のV溝を加工する工程と、該V溝付基板のV溝領域に高分子膜剥離用の薄膜をコートする工程と、前記V溝付基板上の所定の位置に埋め込み型の高分子光導波路を作製する光導波路作製工程と、前記基板の所定の位置で光導波路及び基板の一部を厚み方向に切削する工程と、前記高分子光導波路をV溝付基板ごと所定の溶液に浸漬して前記V溝領域上に付着した高分子のみを基板から剥離する工程と、再露出したV溝部分に光ファイバを挿入し高分子光導波路と無調心で光接続する際に両者の光軸と接続面の面法線と傾きをもつよう予め両者の接続面を加工しておく工程と、光ファイバを光学接着剤を用いてV溝付基板及びあるいは高分子光導波路と強固に固定する工程と有する。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光導波路に光入出力用の光ファイバが接続されてなる光導波路モジュールの製造方法であって、基板に光ファイバ挿入用の V 溝を加工する工程と、この V 溝付基板の V 溝領域に高分子膜剥離用の薄膜を被覆（コート）する工程と、前記 V 溝付基板上の所定の位置に埋め込み型の高分子光導波路を形成する光導波路形成工程と、前記基板の所定の位置で光導波路及び基板の一部を厚み方向に切削する工程と、前記高分子光導波路を基板ごと所定の溶液に浸漬して前記 V 溝領域上に付着した高分子のみを基板から剥離する工程と、再露出した V 溝部分に光ファイバを挿入し高分子光導波路と無調心で光接続する際に両者の光軸と接続面の面法線と傾きをもつよう予め両者の接続面を加工しておく工程と、光ファイバを光学的接着剤を用いて前記 V 溝付基板及びあるいは高分子光導波路と強固に固定する工程とを備えたことを特徴とする光導波路モジュールの製造方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の光導波路モジュールの製造方法において、前記基板の V 溝は、金属基板の所定位置に切削あるいはエンボス加工により形成されることを特徴とする光導波路モジュールの製造方法。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の光導波路モジュールの製造方法において、前記基板が無機物の微粒子あるいはフィラーを分散した樹脂製モールド材であることを特徴とする光導波路モジュールの製造方法。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 のうちいずれか 1 項に記載の光導波路モジュールの製造方法において、前記基板の V 溝領域に被覆（コート）する薄膜がアルミニウムから成り、剥離工程では希塩酸水溶液を使用することを特徴とする光導波路モジュールの製造方法。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 3 のうちいずれか 1 項に記載の光導波路モジュールの製造方法において、前記基板の V 溝領域に被覆（コート）する薄膜が、フッ素化アクリルポリマから成り、剥離工程ではフルオロカーボン性溶剤を使用することを特徴とする光導波路モジュールの製造方法。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 3 のうちいずれか 1 項に記載の光導波路モジュールの製造方法において、前記基板の V 溝領域に被覆（コート）する薄膜が、ポリビニルアルコールから成り、剥離工程では水あるいは弱アルカリ水溶液を使用することを特徴とする光導波路モジュールの製造方法。

【請求項 7】 光導波路に光入出力用の光ファイバが接続されてなる光導波路モジュールであって、光ファイバ挿入用の V 溝が形成された V 溝付基板と、前記 V 溝の位置を基準として V 溝付基板に位置決めした後作製された高分子光導波路と、光ファイバと高分子光導波路の一致した光軸と両者の接続面の面法線との間が傾きをもつよう光ファイバと高分子光導波路が光接続されてなることを特徴とする光導波路モジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光導波路モジュール及びその製造方法に関し、特に、優れた光学特性を有する高分子光導波路モジュールに光ファイバを簡便で安価に接続する技術に適用して有効な技術に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、高分子材料を用いた光導波路は、光学ガラス材料、無機光学結晶材料、光半導体材料等を用いた光導波路と比較して、その製造過程において、超高真空を用いることなく、スピンコーティングのような簡便な手法で成膜でき、キュア等に必要な温度は最高でもたかだか 400℃程度の比較的低温であり、コアリッジの作製等の加工も酸素プラズマ等により容易に実現できるという利点がある。こうした高分子光導波路の製造上の低コスト性を更に実用に反映させるためには、光導波路作製に続く光ファイバ接続工程においても、簡便で安価な新技術が求められる。言うまでもなく、光ファイバ接続実装は、光部品の価格を高くしている主たる要素であって、これを簡便で安価に実現することは、高分子光導波路に限らず、光部品の製造全般にわたって益するところ大である。

【0003】現在までのところ、多くの高分子光導波路モジュールは、石英系光導波路部品と同様に、光導波路と光ファイバの両端面をそれぞれの光軸にあわせながら突き合わせて接着剤で接着していた。この方法は、光軸あわせと接着固定に熟練を要し、量産が困難なことから、現在以上のコスト削減を見込むことができない。

【0004】そこで、近年、無調心で光ファイバ接続できる技術として、光導波路基板上に光ファイバ装着用の V 溝を形成しておく方法が提案されるようになってきた。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、前記 V 溝を用いた接続法の技術的中味を精査すると、V 溝加工段階における工程数及び所要時間の増大、完成品の反射減衰の低下などにより、コスト面でも特性面でも、軸合わせして接着固定する方法に取って変わるまでの技術として熟成されるには至っていない。

【0006】前記 V 溝を用いた接続法は、まず、基板上に光導波路が形成されており、その光導波路の両端あるいは片端に V 溝が形成される。これらの V 溝は、ここに收容されて位置決め固定される光ファイバの軸心が光導波路コアの軸心に一致するように構成されており、これらの V 溝に光ファイバを固定することにより、光ファイバと光導波路との接続を簡便に行うことを可能とするものである。このような V 溝付光導波路は、従来、以下に示すような工程によって製造されている。

【0007】（1）V 溝及び後続の工程で作り込まれる

光導波路とV溝との位置合わせに必要な位置合わせマーカを基板上に作製する。V溝及び位置合わせマーカは、通常は、フォトリソグラフィと異方性エッチング、あるいは、V字型切削歯による機械加工等により作製される。

【0008】(2) この基板上に所定の方法で下部クラッド膜、次にコア膜を積層し、レジストを塗布して、光導波路用フォトリソグラフィを用い、マーカの位置に合わせてフォトリソグラフィによりエッチングマスクを描画する。このマスクを介して、コア膜をエッチングしてコア

リッジを形成する。最後にコアリッジを覆うように上部クラッド層を形成し、埋め込み型の光導波路を作製する。

【0009】(3) 光導波路作製のため使用される材料は、特別な操作を加えない限り、V溝部分をも覆いつくしてしまうため、多くの場合、フォトリソグラフィとドライエッチングの手数を加えて、これらを除去しなければならない。最後に切削により光導波路の端面出しを行う。

【0010】前述した(1)～(3)の工程について、

光部品製造上のコスト面及び光学特性面での問題点は以下の通りである。

【0011】前記(1)の問題点：基板のV溝加工に関して、エッチング法は工程数が多いこと、機械加工法は量産に不向きなことなどの経済的な課題がある。

【0012】前記(2)の問題点：導波路製造に高温を要する場合等には、V溝付基板の素材によっては、基板自体にたわみや変形が生じる可能性がある。このように、使用できる基板の材質は、光導波路の製造条件によって著しく限定される。

【0013】前記(3)の問題点：V溝上に堆積した光導波路材料の除去に要する工程数と時間は、光導波路作製に要するそれらに匹敵する。また、通常は、互いに垂直に面出した光ファイバと光導波路とを光接続するため、接続面の法線と光の軸が一致して、接続面で反射した光が、光ファイバ内や光導波路内に戻される割合が高く、反射減衰量として50dB以上必要な場合にも、ただか30～35dB程度にとどまってしまう。

【0014】以上、説明したように、V溝付基板を使用した現状の無調心接続技術は、その目的に反して、未だ十分に低コストに成り得ておらず、かつ、具備すべき光学特性においても不足があるという問題があった。

【0015】本発明の目的は、各種の優れた光学特性を有する光導波路モジュール及びその光導波路モジュールを簡便で安価に製造することが可能な技術を提供することにある。本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本願において開示される

発明の概要を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

(1) 光導波路に光入出力用の光ファイバが接続される光導波路モジュールの製造方法であって、基板に光ファイバ挿入用のV溝を加工する工程と、このV溝付基板のV溝領域に高分子膜剥離用の薄膜を被覆(コート)する工程と、前記V溝付基板上の所定の位置に埋め込み型の高分子光導波路を形成する光導波路形成工程と、前記基板の所定の位置で光導波路及び基板の一部を厚み方向に切削する工程と、前記高分子光導波路を基板ごと所定の溶液に浸漬して前記V溝領域上に付着した高分子のみを基板から剥離する工程と、再露出したV溝部分に光ファイバを挿入し高分子光導波路と無調心で光接続する際に両者の光軸と接続面の面法線と傾きをもつよう予め両者の接続面を加工しておく工程と、光ファイバを光学的接着剤を用いてV溝付基板及びあるいは高分子光導波路と強固に固定する工程と有する。

【0017】(2) 前記手段(1)の光導波路モジュールの製造方法において、前記基板のV溝は、金属基板の所定の位置に切削あるいはエンボス加工により形成される。

【0018】(3) 前記手段(1)の光導波路モジュールの製造方法において、前記基板は無機物の微粒子あるいはフィラーを分散した樹脂製モールド材である。

【0019】(4) 前記手段(1)乃至(3)のうちいずれか1つの光導波路モジュールの製造方法において、前記基板のV溝領域に被覆(コート)する薄膜がアルミニウムから成り、剥離工程では希塩酸水溶液を使用する。

【0020】(5) 前記手段(1)乃至(3)のうちいずれか1つの光導波路モジュールの製造方法において、前記基板のV溝領域に被覆(コート)する薄膜が、フッ素化アクリルポリマから成り、剥離工程ではフルオロカーボン性溶剤を使用する。

【0021】(6) 前記手段(1)乃至(3)のいずれか1項に記載の光導波路モジュールの製造方法において、前記基板のV溝領域に被覆(コート)する薄膜が、ポリビニルアルコールから成り、剥離工程では水あるいは弱アルカリ水溶液を使用する。

【0022】(7) 光導波路に光入出力用の光ファイバが接続されてなる光導波路モジュールであって、光ファイバ挿入用のV溝が形成されたV溝付基板と、前記V溝の位置を基準としてV溝付基板に位置決めの後作製された高分子光導波路と、光ファイバと高分子光導波路の一致した光軸と両者の接続面の面法線との間が傾きをもつよう光ファイバと高分子光導波路が光接続されてなる。

【0023】すなわち、本発明のポイントは、(A) 安価かつ量産可能なV溝付基板の使用を可能とするために、導波路製造を低温プロセスで行うこと。(B) V溝付基板のV溝領域上に堆積した光導波路材料を迅速に除

去する手段として、酸化還元反応や溶解度差を利用した一括剥離法を用いること。(C)導波路—光ファイバ接続端面の反射減衰量を一定値以上に保つため、導波路端面をその軸心に対して上下方向には垂直、左右方向には垂直から若干傾いて面出しすることである。

【0024】前記3つの手段は、全て、高分子導波路を用いることで実現が容易になるところに特徴がある。すなわち、導波路製造や導波路の特定の一部の一括剥離が低温のプロセスで実行できること、ダイシングブレードによる切削でも光学的に十分な面精度の面出しができることである。以下に、本発明について、本発明による実施形態（実施例）とともに図面を参照して詳細に説明する。

#### 【0025】

【発明の実施の形態】本発明による一実施形態（実施例）の光導波路モジュールの製造方法の各工程を示す模式図である。図1において、1は光ファイバ挿入用のV溝を有するV溝付基板、2は高分子膜剥離用の薄膜コート（パターニング前）、3は高分子膜剥離用の薄膜コート（パターニング後）、4は光導波路用の下部クラッド（下層クラッド）、5は光導波路用のコアリッジ、6は光導波路用の上部クラッド（上層クラッド）、7はダイシングブレード、8は剥離される高分子膜、9はモジュール用光導波路、10はV溝（光ファイバ装荷用に高分子膜が剥離されたあとの再露出V溝も含む）、11は切削と同時に端面出しされた光導波路端面、12は光ファイバ接続の利便性を確保するための切削溝、13は端面が斜め切断あるいは斜め研磨された光ファイバ、14は光ファイバ固定用治具である。

【0026】本実施形態の光導波路モジュールの製造方法は、図1に示すように、基板上に光導波路が形成されており、その光導波路の両端あるいは片端にV溝10が形成されたV溝加工基板1が用意され(a)、その上面にパターニング前の高分子膜剥離用の薄膜（パターニング前）2が被覆（コート）され(b)、その後パターニングを行い、高分子膜剥離用の薄膜（パターニング後）3が被覆（コート）される(c)。次に、光導波路用の下部クラッド4が形成され(d)、光導波路用のコアリッジ5が形成される(e)。その形成されたコアリッジ5の上に、光導波路用の上部クラッド6が形成される(f)。この形成された光導波路及び前記基板の一部がダイシングブレード7で切削（ダイシング）され

(g)、モジュール用の光導波路9が残され、不要部分が高分子膜8を剥離することにより除去される(h)。光ファイバ装荷用の高分子膜8が剥離された跡にはV溝10が再露出される。前記ダイシングブレード7による切削と同時に端面出しされた光導波路端面11及び光ファイバ接続の利便性を確保するための切削溝12が形成される(i)。前記V溝10に端面が斜め切断あるいは斜め研磨された光ファイバ13がはめ込まれ(j)、光

ファイバ固定用治具14により前記光ファイバ13が固定される(k)。

【0027】前記V溝付基板1として、任意の素材・任意の製造方法による種々の選択肢から、幅広く選び取られる。したがって、V溝付基板1として最も一般的なシリコンウェハを異方性エッチングすることによりV溝10を作製した基板はもとより、各種基板の切削加工品や、ステンレスウェハにエンボス加工でV溝10を作製した基板、アルミニウム微粒子を分散した樹脂モールド製のV溝付基板などを用いることができる。特に、エンボス基板やモールド基板は安価に量産できる点が注目されるべきである。これらの基板を任意に使用できる由縁は、高分子光導波路が低温プロセスで製造できるため、基板材質への依存度が低く抑えられるところにある。

【0028】また、V溝10の設計法に関しては、図2に示すように、V溝付基板16（図1のV溝付基板1と同じ）に装荷する光ファイバ15のコア中心の基板表面からの距離(18)を、V溝10の角度17と探さ19によって設定する方法を採用している。

【0029】また、V溝付基板1のV溝領域に高分子膜剥離用の薄膜3が被覆（コート）される（図1(c)）。これによって、後述するように、光導波路作製後の光導波路の不要部分、すなわち、V溝10に覆いかぶさった高分子膜8を、一括して簡便に除去することを可能とする。

【0030】代表的な高分子膜剥離用の薄膜としては、酸で容易に溶解される金属性の銅スパッタ膜やアルミニウムスパッタ膜をあげることができる。また、金属膜以外には、特定の溶剤にのみ良く溶ける有機薄膜を用いることができる。例えば、フルオロカーボン溶液に溶解するフツ素系高分子や、水への溶解度の高いポリビニルアルコールなどをあげることができる。

【0031】前記図1(d)～(f)の工程は、埋め込み型の高分子光導波路の作製工程であって、ここでは、V溝付基板1を使用すること以外は、何ら特殊な操作は必要なく、従来通りの手順をそのまま適用できる。したがって、どのようなタイプの高分子導波路を使用しても、本発明による高分子光導波路モジュールを作製することができる。

【0032】前記高分子光導波路と光ファイバの接続形態及びその実現方法は、図1の(g)～(j)に示される。図1(g)は、切削により光導波路の必要部分と不要部分を切断する工程であり、後述する高分子膜の一括剥離には欠かすことのできない前処理となる。この時、基板をも若干掘り込むことは、光導波路9と光ファイバ13との接続時に微小な物理的障害が介在する可能性を大きく減少させるため、極めて有効である。

【0033】また、ダイシングブレード7によって得られる高分子光導波路の切削端面11は、光学的に極めて良質であって、改めて研磨等により端面加工を施す必要

はない。さらに、切削方向については、V溝10の軸に対して完全に垂直の場合と、完全な垂直からわずかに角度をずらす場合がある。前者が従来からの一般的な方法であって、図3(a)のように表わすことができる。後者が本発明で用いられる切削方向であり、図3(b)で表わされる。V溝10の軸に対して切削方向が垂直からずれる角度は、本実施形態では8°に設定する場合が多い。実際に本実施形態の切削方向を選択する場合は、前記図1(a)の段階で、図3(b)の様式の基板を用いなければならないことは自明である。

【0034】前記図1(h)は、不要な高分子膜の一括剥離の様子を示している。例えば、図1(c)で作製した高分子膜剥離用の薄膜が銅やアルミニウムから成る場合は、図1(g)の工程を終えた基板付高分子光導波路を希塩酸水溶液に浸すだけで高分子膜8を剥離することができる。高分子膜剥離後のV溝10の表面の金属膜を除去したい場合は、穏和な酸化還元反応で完全に除去することができる。例えば、基板に付着した銅の場合は塩化第二鉄の水溶液に浸すだけで目的は達せられる。

【0035】前述したように、フッ素系ポリマやポリビニルアルコールも剥離用薄膜として利用でき、剥離液としては、前者はヘキサフルオロキシレンやトリ(フルオロアルキル)アミン、後者は弱アルカリ水溶液が特に適している。

【0036】以上のような簡便かつ短時間の操作で、前記図1(i)に示されるV溝付高分子光導波路プラットフォームを作製することができる。前記図1(j)は、このV溝付高分子光導波路プラットフォームに光ファイバ13を実装する工程を示している。前述したように、本実施形態においては、高分子光導波路端面はV溝10の軸(装荷される光ファイバ13の光軸に等しい)に対して完全な垂直から8°だけ角度をずらしており、これに接続する光ファイバ13も同じ角度で端面出ししておく必要がある。光ファイバ13の端面出しについては、近年、さまざまな技術が開発されており、研磨はもとより切削だけでも十分な光学品質が得られるようになってきており、8°研磨光ファイバを使用すること自体には何ら技術的負荷はない。

【0037】前記図1(k)は、光ファイバと光導波路の光軸がお互いに一致するように両者の8°傾斜面を接続した後、光ファイバを光学接着剤を用いてV溝基板1及びあるいは高分子光導波路と強固に固定して作製した本実施形態の高分子光導波路モジュールの概略図である。このように作製した本実施形態の高分子光導波路モジュールは、安価かつ量産可能なV溝付基板1の使用が可能であり、V溝10上に堆積した光導波路材料からなる高分子膜を迅速に除去する手段を有し、光導波路9と光ファイバ13との接続端面の反射減衰量を一定値以上に保っていることによって、低コストかつ光学接続特性に優れているという特徴を実現しているものである。

【0038】また、本発明によれば、高分子光導波路と光ファイバから成る各種の高性能な光導波路モジュールを低価格で製造できる。とくに、接続する光ファイバ本数が少ない1×2スイッチや1×1のアレイ導波路格子型波長可変フィルタ、あるいは、光導波路の片端のみ光ファイバ接続される光送受信モジュールなどの製造には、特に有効である。以下、本発明を実施例により更に具体的に説明するが、本発明は、これら実施例に限定されるものではない。

10 【0039】(実施例1~4)前記図1(a)~(k)に示す工程にしたがって、光導波路9と光ファイバ13の無調心接続を行い、高分子光導波路モジュールを作製した。高分子導波路の下部クラッド(下層クラッド)4の厚は16μm、コアリッジ(コア)5の厚は8μmであり、コア5の中心は基板1の表面から高さ20μmとなった。一方、光ファイバ13のコア5の中心も、光ファイバ自体を図2に記載のV溝10に装荷するだけで、基板1の表面から20μmの高さに自動的にアライメントできた。以下に、具体的な手順を説明する。

20 【0040】最初に、V溝10が加工されたシリコン基板(V溝付基板)1上(図3(b))に、スパッタリング法により厚さ約100nmの銅薄膜を形成した(図1(b))。銅薄膜上にレジストを塗布し、パターニングしたのち、イオンミリングによって、図1(c)のように、V溝10の部分だけに銅膜を残した。このシリコン基板(V溝付基板)1上に、埋め込み型高分子光導波路を通常の方法で作製した。すなわち、スピコート法による厚さ16μmの下部クラッド(下層クラッド)4の形成(図1(d))、厚さ8μmコア層の塗布とホトリソグラフィ及び反応性イオンエッチングによるコアリッジ5の形成(図1(e))、クラッド材によるオーバーラッピング(コア上12μm厚)により、図1

30 (f)に示される高分子光導波路を作製した。クラッド材としては、重水素化ポリメチルメタクリレートとフッ素化メタクリレートの共重合体を、コア材としては重水素化ポリメチルメタクリレートを用いた。

【0041】次に、図1(g)の要領で、シリコン基板1の両端のV溝10の部分と導波路部分の境界(図3

(b)の破線に相当する)をダイシングした。切り込みはシリコン基板1にまで達するようにし、その深さは、シリコン基板1の表面から200μmとした。この光導波路9を塩酸水溶液中に浸し、シリコン基板1より高分子導波路部分を残した状態で、V溝10の部分を覆う高分子膜(薄膜)を剥離した(図1(h))。高分子膜を剥離した後にシリコン基板1に残った銅薄膜は、塩化第二鉄水溶液によって液中に溶出させて完全に除去した(図1(i))。さらに、V溝10に、光軸に垂直な面に対して8°傾いた断面を有する光ファイバ13を沿わせ(図1(j))、光導波路端面に向かって軸方向に押し付けた。この状態で、UV樹脂を塗布し、その上から

V溝加工されたパイレックス製の押さえ板をのせ、紫外線を照射して硬化させ、ファイバを固定した(図1(k))。このようにして、高分子光導波路の入出力部分に光ファイバを接続固定し、1×2 Y分岐高分子導波路モジュールを作製した。

【0042】以上の要領で作製した1×2 Y分岐高分子導波路モジュールの波長1.3 μmで損失は両アームともに約3.5 dBであり、直線光導波路の挿入損失からの換算と大きく変わることはなかった。分岐比はほぼ1:1を保持していた。偏波依存はほとんど観測されなかった。また、反射減衰量は50 dB以上であった。

【0043】以上は、光導波路材料として重水素化ポリメチルメタクリレート、V溝付基板1として異方性エッチングでV溝10を形成したシリコン基板、剥離用の薄膜コート材として銅を使用した場合(実施例1)である。

【0044】この他に、光導波路材料としてエポキシ系\*

\*UV樹脂、V溝付基板1としてアルミニウム微粒子を分散したエポキシ系樹脂モールド製のV溝を作製した基板、剥離用の薄膜コート材としてポリビニルアルコールを使用した場合(実施例2)、光導波路材料としてフッ素化ポリイミド、V溝付基板1として異方性エッチングでV溝を形成したシリコン基板、剥離用の薄膜コート材としてアルミニウムを使用した場合(実施例3)、光導波路材料として熱硬化型シリコン樹脂、V溝付基板1としてステンレスウェハにエンボス加工でV溝を作製した基板、剥離用の薄膜コート材としてアルミニウムを使用した場合(実施例4)についても実施した。それらの結果を表1にまとめた。いずれの実施例においても、良好な光学特性の1×2 Y分岐高分子光導波路モジュールを作製することができた。

【0045】

【表1】

表1

| 実施例番号    | 実施例1         | 実施例2               | 実施例3              | 実施例4              |
|----------|--------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 材料系      | アクリレート系線状高分子 | エポキシ系UV樹脂          | フッ素化ポリイミド         | 熱硬化型シリコン          |
| V溝加工基板   | シリコン基板       | モールド加工アルミ/エポキシ複合基板 | シリコン基板            | エンボス加工ステンレス基板     |
| 比屈折率差(%) | 0.3%         | 0.35%              | 0.35%             | 0.3%              |
| 剥離膜材質    | 銅            | ポリビニルアルコール         | アルミニウム            | アルミニウム            |
| 光学特性     | 測定波長         | 1.3 μm             | 1.3 μm<br>1.55 μm | 1.3 μm<br>1.55 μm |
|          | 挿入損失         | 3.5dB              | 4.2dB             | 3.7dB<br>4.2dB    |
|          | 過剰損失         | 0.1dB              | 0.2dB             | 0.2dB<br>0.1dB    |
|          | PDL          | <0.05dB            | 0.1dB             | 0.2dB<br>0.1dB    |
|          | 反射減衰量        | 50dB               | 50dB              | 50dB              |

【0046】(実施例5)前記光導波路材料としてシリコン樹脂を用い、前記実施例4の要領で、1×2 Y分岐導波路を作製し、さらに、分岐部分の直上領域の上部クラッド表面に、分岐される両アームに沿う形で薄膜ヒータを装荷した。その後、再び前記実施例4の要領で、光ファイバ実装した。図4に、製造した1×2 Y分岐光導波路型デジタルスイッチモジュールの概観を示す。図4中の20はデジタルスイッチ用のY分岐型高分子光導波路、21は薄膜ヒータである。

【0047】実際には、さらに金属パッケージに収納して、ワイヤボンディングによる電極配線を行って最終製

品とした。

【0048】波長1.55 μm帯で、スイッチ特性を評価したところ、挿入損失1.2 dB、120 mWの消費電力で40 dBの消光比、0.2 dB以下の偏波依存損失を示した。また、反射減衰量は50 dB以上であった。

【0049】(実施例6)光導波路材料としてシリコン樹脂、光導波路構造として1×1アレイ導波路格子を採用し、前記実施例4の要領で、一入力出力の光ファイバ実装したアレイ導波路格子モジュールを作製した。これをペルチェ素子に装荷し、高分子導波路型の波長可



変フィルタモジュールとした。モジュールの概観を図 5 に示す。図 5 中の 22 はスラブ導波路、23 はアレイ導波路、24 はペルチエ素子である。

【0050】波長 1.55  $\mu\text{m}$  帯で、スイッチ特性を評価したところ、挿入損失 3.4 dB、50℃の温度変化で約 10 nm の波長可変特性を得た。また、反射減衰量は 50 dB 程度であった。

【0051】（実施例 7）前記実施例 4 の要領で、光導波路材料としてシリコン樹脂を使用し、光導波路構造として 1×2 Y 分岐導波路を基本とする光送受信用高分子導波路モジュールを作製した。

【0052】本光送受信用高分子導波路モジュールは、図 6 のモジュール断面構造に示されるように、高分子光導波路 25 の片端を光ファイバ 26 を実装し、他端は半導体レーザ 27 とモニター用の半導体フォトダイオード 28 をハイブリッド実装している。ハイブリッド実装にあたっては、本発明の高分子膜剥離技術によって高分子導波路端面出し、光半導体デバイス搭載用プラットフォームを形成した。本光送受信用高分子導波路モジュールを用いて、1.3  $\mu\text{m}$  帯で、光送受信実験を行った。ファイバ端の出力変動と受光端の入力変動はともに 1 dB 以下であり、光ファイバ 26 の端面での反射減衰量は 50 dB 程度であった。前記図 6 において、29 は V 溝加工基板、30 は光導波路端面である。

【0053】以上、本発明者によってなされた発明を、前記実施形態（実施例）に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施形態（実施例）に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

#### 【0054】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、各種の優れた光学特性を有する高分子光導波路モジュールを簡便で安価に製造できる。したがって、本発明は、通信用ばかりでなく、民生用の光導波路モジュールについても、有効な製造技術を提供することができ、将来にわたって広く用いられる可能性が高い。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による一実施形態（実施例）の光導波路モジュールの製造方法の各工程を示す模式図である。

【図 2】本実施形態の V 溝付基板の断面構造を示す図である。

【図 3】本実施形態の V 溝付基板上での高分子光導波路

の導波路端面出しの基準を示す図である。

【図 4】本発明による実施例 5 の光導波路型スイッチモジュールの概観図である。

【図 5】本発明による実施例 6 のアレイ導波路格子型波長可変フィルタの概観図である。

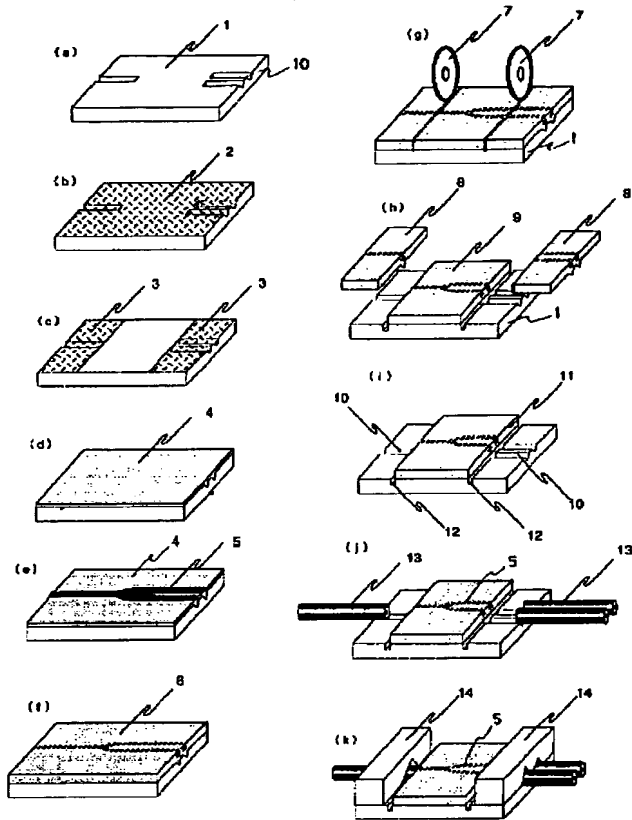
【図 6】本発明による実施例 7 の光送受信用高分子導波路モジュールの送信ポート側の断面の概略図である。

#### 【符号の説明】

- 1：V 溝加工基板
- 2：高分子膜剥離用の薄膜コート（パターニング前）
- 3：高分子膜剥離用の薄膜コート（パターニング後）
- 4：光導波路用の下部クラッド（下層クラッド）
- 5：光導波路用のコアリッジ
- 6：光導波路用の上部クラッド（上層クラッド）
- 7：ダイシングブレード
- 8：剥離される高分子膜
- 9：モジュール用光導波路
- 10：V 溝（高分子膜が剥離されたあとの再露出 V 溝を含む）
- 11：切削と同時に端面出しされた光導波路端面
- 12：光ファイバ接続の利便性を確保するための切削溝
- 13：端面が斜め切断あるいは斜め研磨された光ファイバ
- 14：光ファイバ固定用治具
- 15：シングルモード光ファイバの断面
- 16：V 溝の断面
- 17：V 溝の開口角
- 18：基板表面から光ファイバコア／光導波路コアまでの高さ
- 19：V 溝の深さ
- 20：デジタルスイッチ用 Y 分岐型高分子光導波路
- 21：薄膜ヒーター
- 22：スラブ導波路
- 23：アレイ導波路
- 24：ペルチエ素子
- 25：高分子光導波路
- 26：光ファイバ
- 27：半導体レーザ
- 28：モニター用フォトダイオード
- 29：V 溝付基板
- 30：光導波路端面

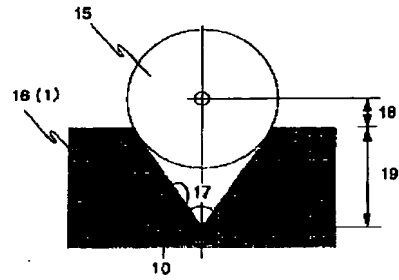
【図 1】

図 1



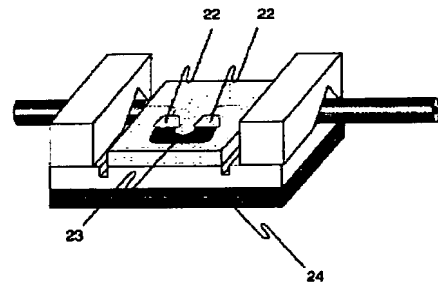
【図 2】

図 2



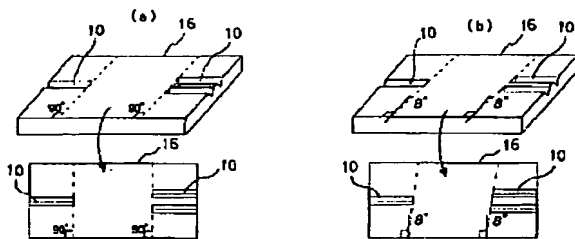
【図 5】

図 5



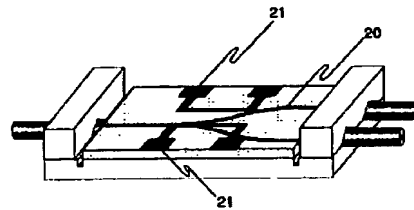
【図 3】

図 3



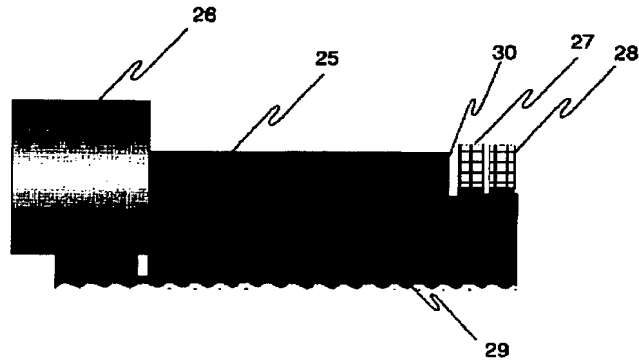
【図 4】

図 4



【図 6】

図 6



フロントページの続き

(72)発明者 加藤 雄二郎  
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 豊田 誠治  
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 大庭 直樹  
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 林田 尚一  
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 都丸 暁  
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 丸野 透  
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
本電信電話株式会社内

F ターム(参考) 2H037 AA01 BA24 CA10 DA12 DA13  
DA17  
2H047 KA03 KA12 LA12 LA18 MA05  
NA01 PA02 PA03 PA04 PA24  
PA28 QA05 QA07 RA08 TA05  
TA32 TA35 TA43 TA44

